

UITWERKINGEN TENTAMEN THERMODYNAMICA voor W (4B420)

29 oktober 2009 van 14.00 - 17.00 uur.

Opgave 1

- Poisson: 430.9K
- Poisson of gaswet: $\rho_1/\rho_2 = 0.6156$
- $c_1 = 422.8\text{m/s}$, $c_2 = 130.1\text{m/s}$: elimineer c_1 of c_2 via massabehoud uit 1e HW.
- Massabehoud: $m = A_1\rho_1c_1 = 402.76\text{ kg/s}$; $\rho_1 = p_1/RT_1 = 1.09\text{ kg/m}^3$
- 2e HW: $s_2 - s_1 > 0 \rightarrow p_2/p_1|_{\text{verlies}} < p_2/p_1|_{\text{verliesvrij}}$

Opgave 2

- isochoor van $p_1 = p_{s\text{at}@75C} = 31.2\text{ kPa}$ tot $p_2 = 1\text{ bar}$; isobaar van $V_2 = V_1$ tot $V_3 = 2V_1$
- $V_1 = mv_1 = m[v_{f@75C} + x_1v_{g@75C}] = 0.413\text{ m}^3$
- $W_{13} = W_{23} = p_3(V_3 - V_1) = p_3V_1 = 41.3\text{ kJ}$
- $Q_{13} = U_2 - U_1 + H_3 - H_2 = 432\text{ kJ}$; $u_1 = u_{f@75C} + x_1(u_{g@75C} - u_{f@75C}) = 278.98\text{ kJ/kg}$;
state 2: $v_2 = v_1 = 2.065\text{ m}^3/\text{kg}$, $p_2 = 1\text{ bar}$: superheated: $T_2 = 175\text{ C}$, $u_2 = 2620\text{ kJ/kg}$,
 $h_2 = 2825\text{ kJ/kg}$; state 3: $v_3 = 2v_1 = 4.13\text{ m}^3/\text{kg}$, $p_3 = 1\text{ bar}$: superheated: $T_3 = 620\text{ C}$,
 $h_3 = 3760\text{ kJ/kg}$
- $S_p = m(s_3 - s_1) - Q_{13}/T_{\text{bron}} = 0.621\text{ kJ/kg K}$, $s_1 = 4.349\text{ kJ/kg K}$, $s_3 = 9.15\text{ kJ/kg K}$

Opgave 3

- isentrop+isotherm+isochoor
- Poisson: $r = (T_1/T_2)^{1/(1-k)} = 32$
- $p_{\text{max}} = p_2 = p_3r = 12.8\text{ MPa}$, $p_{\text{min}} = p_1 = p_2(T_1/T_2)^{k/(k-1)} = 100\text{ kPa}$
- $\eta = 1 - q_{31}/q_{23} = (w_{12} + w_{23})/q_{23} = 0.459$; $q_{31} = -w_{12} = c_v(T_1 - T_2) = -645.1\text{ kJ/kg}$;
 $q_{23} = w_{23} = RT_2 \ln r = 1.192\text{ MJ/kg}$; $R = \bar{R}/M = 286.7\text{ J/kg K}$, $c_v = R/(k-1) = 716.7\text{ J/kg K}$;
 $\eta_{\text{max}} = \eta_{\text{Carnot}} = 1 - T_1/T_2 = 0.75$
- $s_p = -q_{23}/T_2 - q_{31}/T_1 = 1.16\text{ kJ/kg K}$; oorzaak: koeling via eindige temperatuurgradient tijdens isochore drukverlaging (isentropie compressie: reversibele arbeid + adiatisch $\rightarrow s_{p,12} = 0$; isotherme expansie: $T = T_H \rightarrow s_{p,23} = 0$)

Opgave 4

- Rankine cyclus met oververhitting
- $\eta = w_{34}/q_{23} = (h_3 - h_4)/(h_3 - h_2) = 0.526$; $h_3 = h@50\text{bar}$, $s_3 = 5265\text{ kJ/kg}$ ($s_3 = s_4 = s_{g@20C} = 8.6672$);
 $w_{34} = h_3 - h_4 = 2.73\text{ MJ/kg}$ ($h_4 = h_{g@20C} = 2538.1\text{ kJ/kg}$); $q_{23} = h_3 - h_2 = 5.19\text{ MJ/kg}$;
 $h_2 = h_1 + (p_1 - p_2) \cdot v_1 = h_{f@20C} + (p_1 - p_2) \cdot v_1 = 83.95 + 15.03 = 98.98$
- punt 3 verschuift naar links a.g.v. entropieproductie; dit volgt uit de 2e HW (adiatisch).
- $\eta = w'_{34}/q_{23} = (h'_3 - h_4)/(h'_3 - h_2) = 0.470$; $h'_3 = \eta_t(h_3 - h_4) + h_4 = 4719.6\text{ kJ/kg}$
- Beide situaties: geen entropieproductie in pomp (reversibel) en condensor (warmteafvoer bij saturatietemperatuur); oude situatie: alleen entropieproductie in ketel: $s_p = s_{p,23} = s_3 - s_2 - q_{23}/T_H = 4.965\text{ kJ/kg K}$ ($s_3 = s_4 = s_{g@20C} = 8.6672$, $s_2 = s_1 = s_{f@20C} = 0.2966$); nieuwe situatie: entropieproductie in ketel en turbine: $s_p = s_{p,23} + s_{p,34} = s'_3 - s_2 - q'_{23}/T_H + s_4 - s'_3 = s_4 - s_2 - q'_{23}/T_H = 5.324\text{ kJ/kg K}$; (opm.: $T \leq T_H$, daar $T_{\text{max}} = T_3 \approx 1250^\circ\text{C}$)